Le demi-additionneur (Half-Adder)

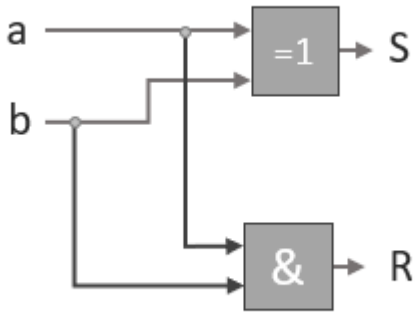
Cette activité de travaux dirigés vous offre la possibilité de réaliser sous la solution de simulation électronique **QSPICE**, à l'aide de deux **portes logiques**, un **demi-additionneur binaire**. Nous allons ainsi réaliser ensemble le montage, le configurer et le simuler pour comprendre comment ce composant est capable de calculer la somme de deux valeurs binaires.

C'est quoi un additionneur binaire

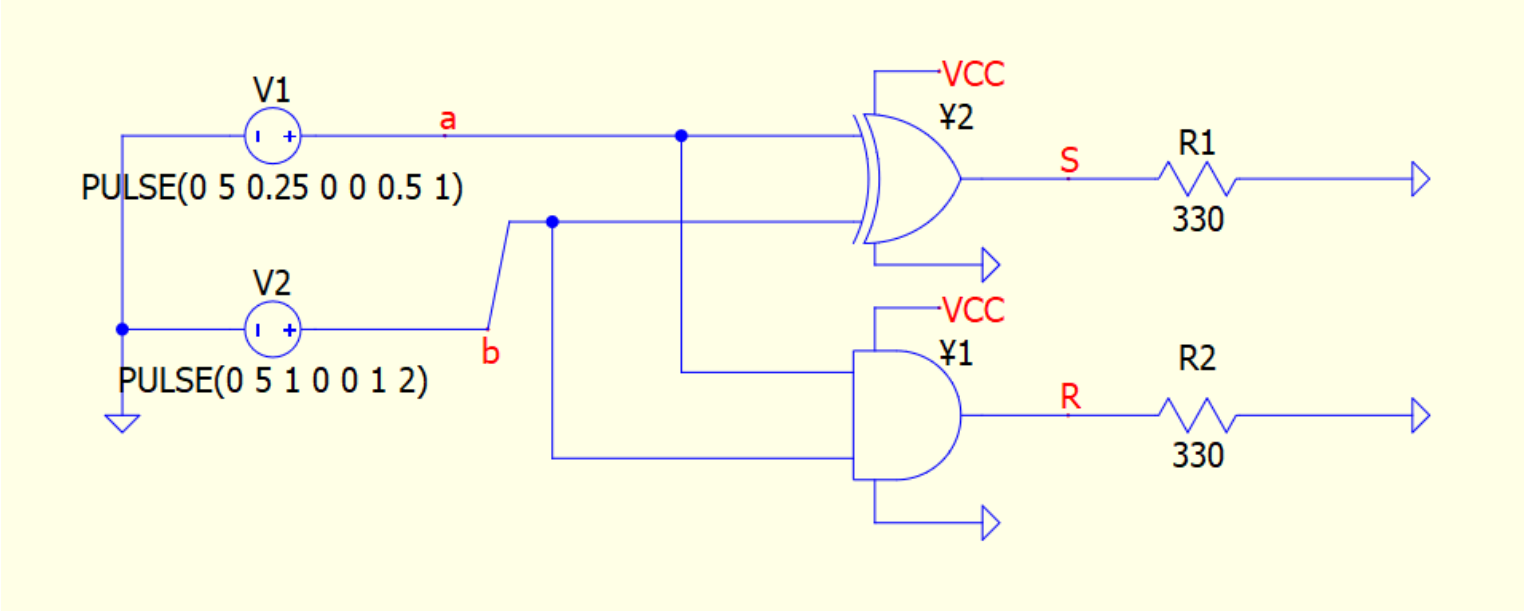
Un **additionneur binaire** est un élément de la logique combinatoire capable de réaliser électroniquement la **somme arithmétique** de deux valeurs binaires. Lorsqu'un additionneur ne prend pas en compte la retenue de l'étage de calcul précédent, ce dernier est appelé un **demi-additionneur**.

Modélisation d'un demi-addionneur (Half Adder) avec deux portes logiques

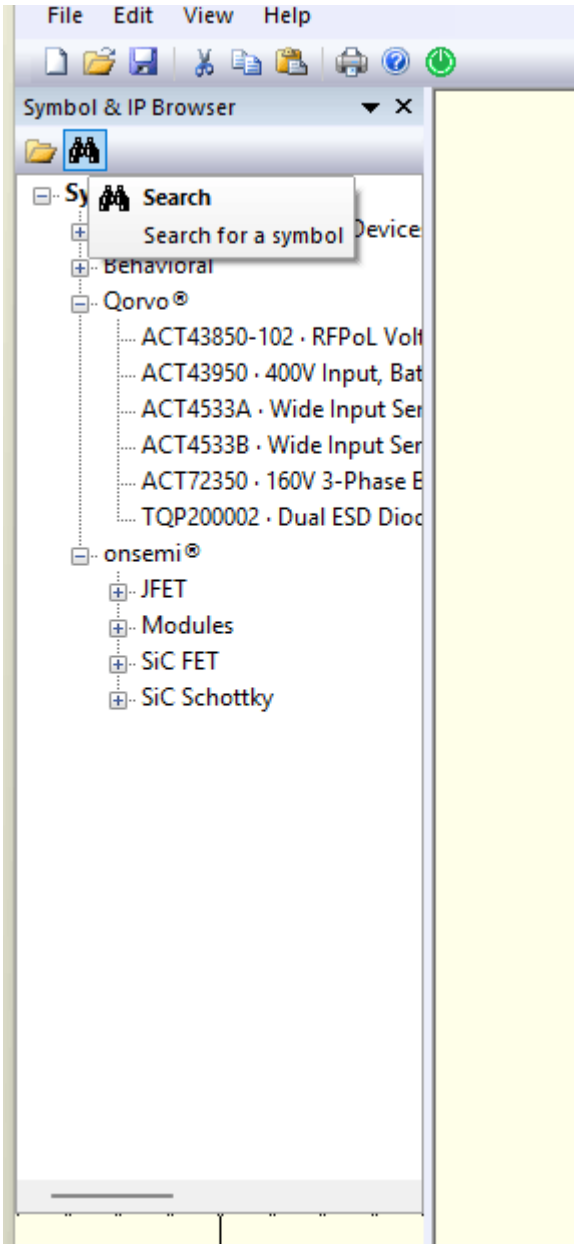
Pour réaliser cet additionneur, modélisons via la solution de simulation **QSpice** le schéma électrique ci-dessous :



Pour cela, nous pouvons créer le montage électrique suivant sous notre solution de simulation :



Pour retrouver ces portes logiques **OU exclusif** et la **ET** logique, vous devez les rechercher dans la bibliothèque de composants intégrée de la solution QSpice. Pour cela, utilisez la fonction de **recherche** en cliquant sur l'icône de la jumelle située dans la barre latérale de l'application des **composants** tel que nous la démontre la capture ci-dessous :



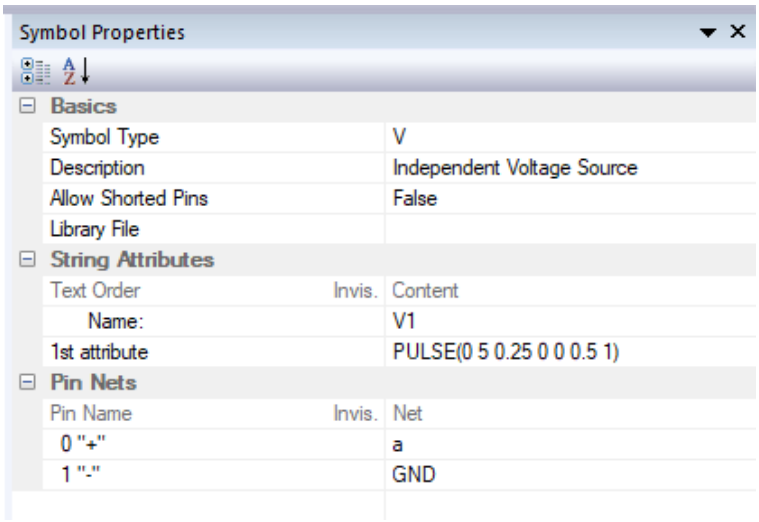
Pour créer les différentes valeurs possibles pour les deux variables a et b sous **QSPice**, nous allons utiliser deux sources de signal carrée, de type **PULSE**, dont l'amplitude est de 5V telles que :

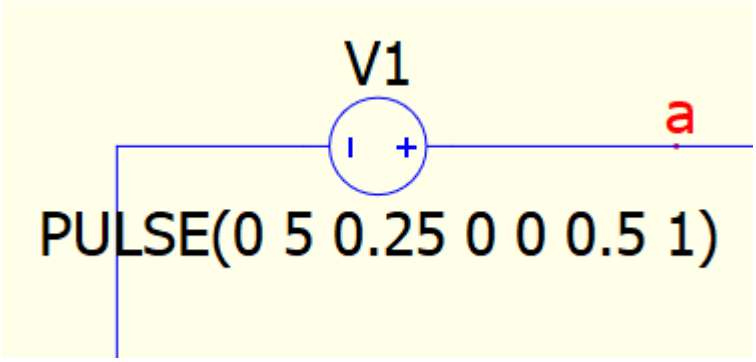
- la fréquence de la première, que nous allons appelé a en référence de la variable a, sera de 1 Hz,
- et la fréquence de la deuxième source, que nous allons appelé b en référence de la variable b, sera de 2 Hz,

Et pour éviter les micro-impulsions dans notre résultat de la simulation, nous allons différer le début des deux sources respectivement de 0.25s pour la variable a et de 0.5s pour la variable b afin d'obtenir les différentes combinaisons possibles, soit donc les combinaisons : 00, 01, 10 et 11 pour le couple (a, b).

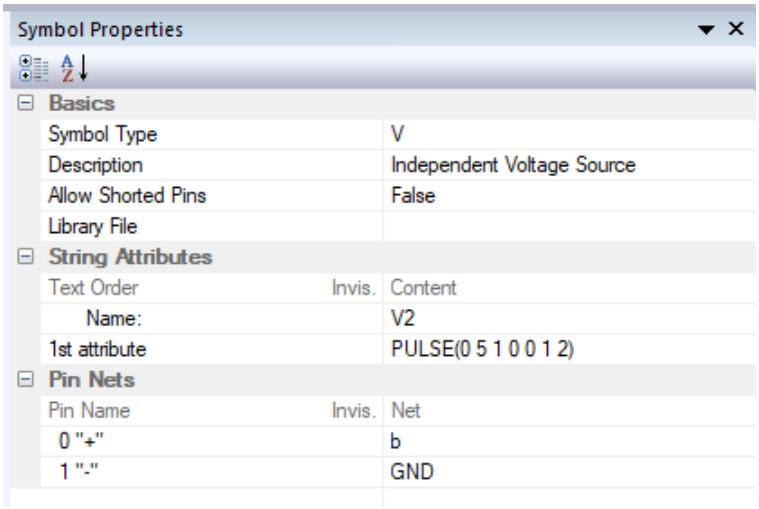
Pour cela, la source de nos deux générateurs a et b doivent être configurées comme suit :

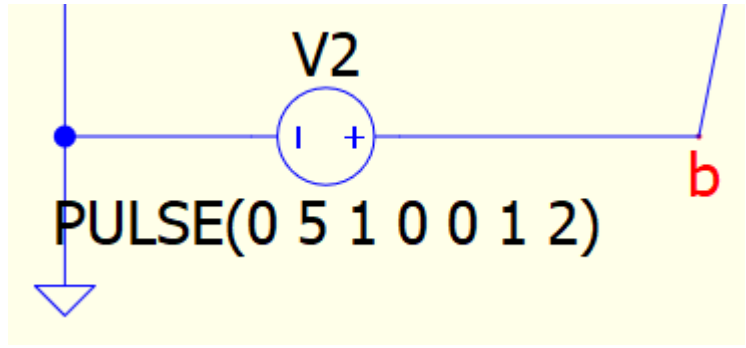
- Pour la source **PULSE V1**, qui représente la variable a, que nous connectons à la première l'entrée de notre **demi-additionneur** :





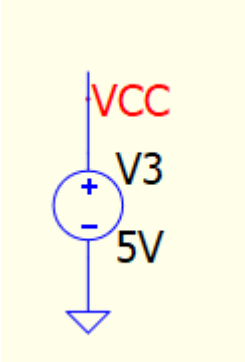
- Et pour la source **PULSE V2**, qui représente la variable b, que nous connectons à la deuxième l'entrée de notre **semi-additionneur** :





Rajoutons ensuite **une résistance** à chaque sortie du demi-additionneur d'une valeur de **330Ω**; soit donc $R_1 = 330\Omega$ à la sortie S et $R_2 = 330\Omega$ à la sortie R.

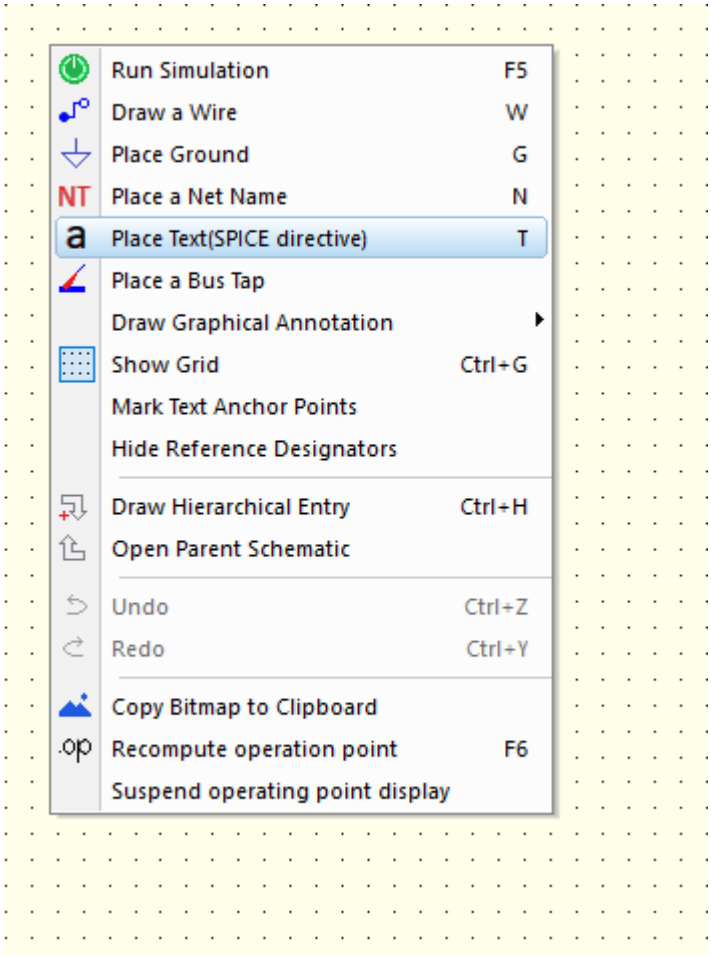
Et finalement avant de lancer notre simulateur, nous devons à alimenter les deux portes logiques. Pour cela, vous aurez à ajouter une troisième **source d'alimentation** VCC ainsi qu'une connexion à la masse (soit la GND sous QSpice). La capture ci-dessous nous résume cela :



Ainsi, pour lancer la simulation sous **QSpice**, il est nécessaire d'ajouter **la directive .tran** pour configurer le simulateur **SPICE**. Cette directive permet d'indiquer le **pas** de la simulation et le **stop time**. Pour une meilleure performance, nous allons laisser, comme à chaque fois, le modulateur SPICE choisir automatiquement le pas de temps optimal pour une pour une meilleur performance d'affichage, d'où la valeur 0 après la commande **.tran.** La figure ci-dessous résume cela :

```
.tran 0 5
```

Pour ajouter une directive SPICE dans notre projet, nous pouvons utiliser le raccourci clavier direct ; la touche **T**, ou en cliquant un clic droit sur notre espace de travail pour sélectionner le sous-menu **"Place Text(SPICE directive)"** depuis le menu qui s'affichera comme vous le montre la capture ci-dessous :



Simulation et analyse du résultat obtenu : le demi-aditionneur

Une fois le simulateur finit ces calculs, ajoutez dans le même fenêtre de graphes les deux variables d'entrées V_a et V_a et les deux variables de sorties V_S et V_R.

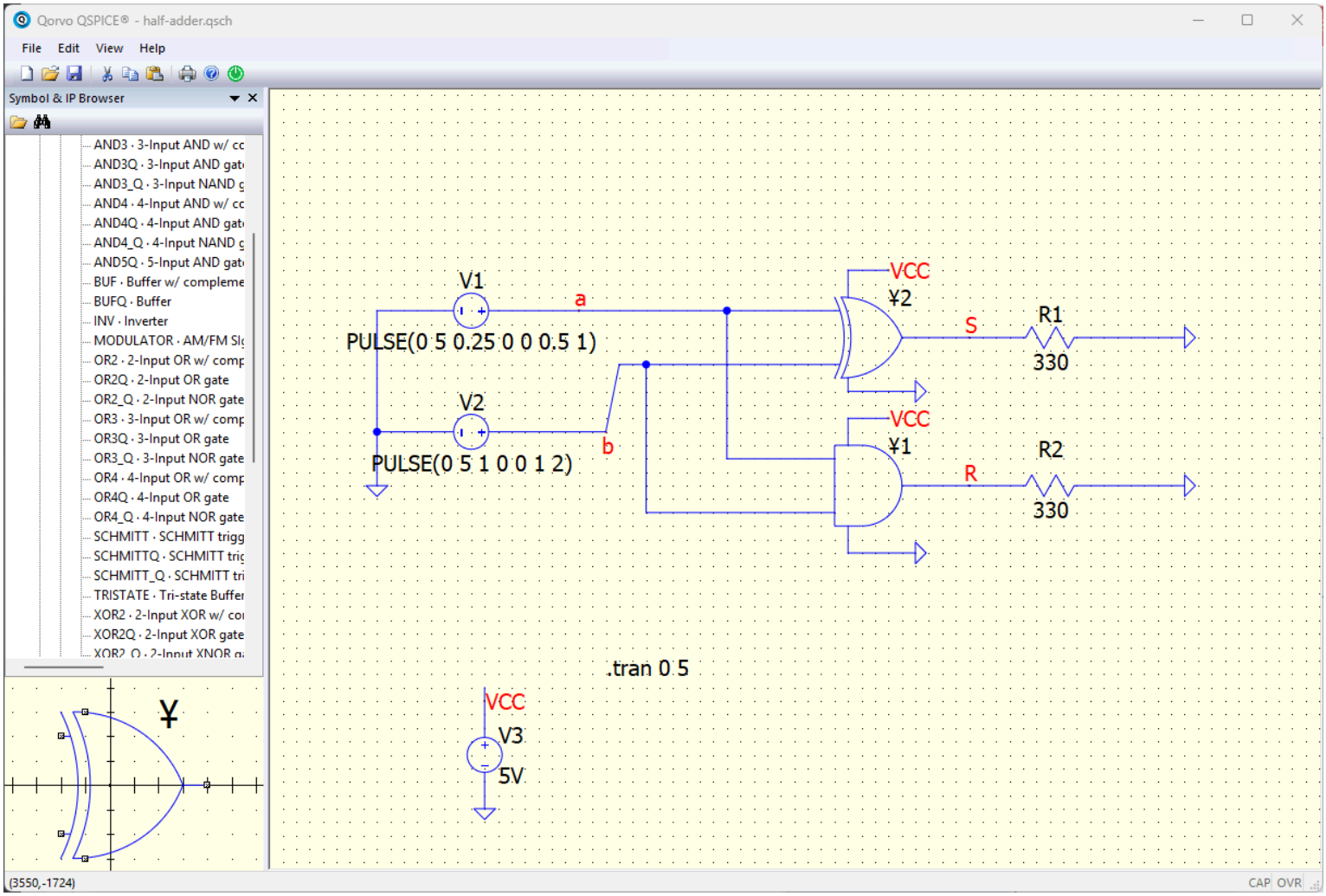
A l'aide du tableau ci-dessous, relevez les différentes valeurs de S et R en fonction des différents variables de V_a et de V_b:

V_a	V_b	S	R
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

Que pouvons nous conclure ?

Réalisation et méthodologie : Le demi-additionneur binaire

Tel qu'indiqué dans les consignes de l'énoncé de cette fiche d'activité, la modélisation de notre schéma sous **QSpice** se représente comme suit :

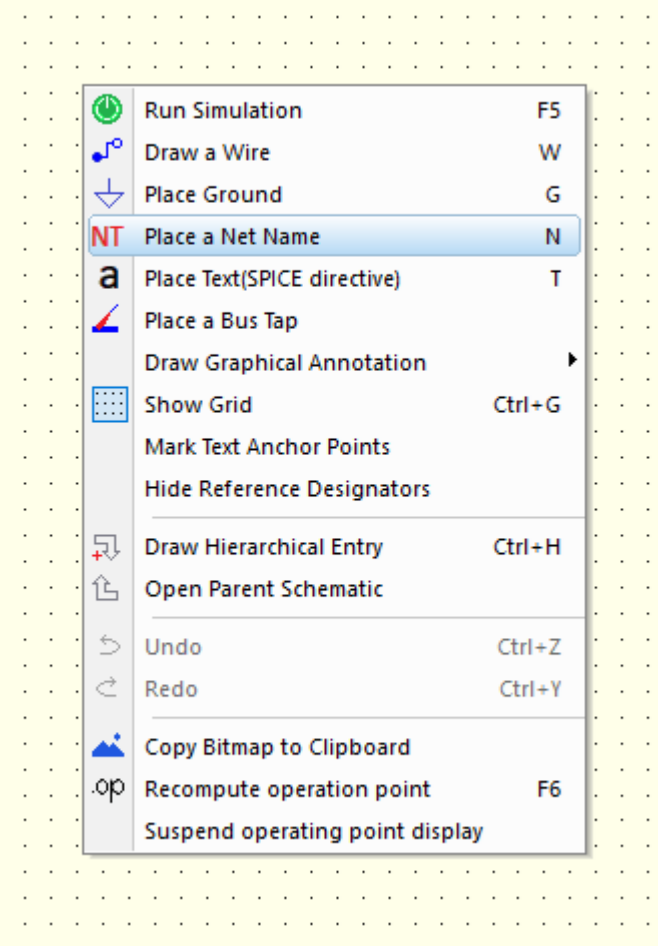


Comme vous pouvez le constater, nous avons ajouté une source d'alimentation V_3 d'une valeur de 5V pour alimenter les **portes logiques**. Il est à noter que si nous n'alimentons pas ces composants par une source de tension 5V (dans notre cas), ces deux composants ne fonctionneront pas !

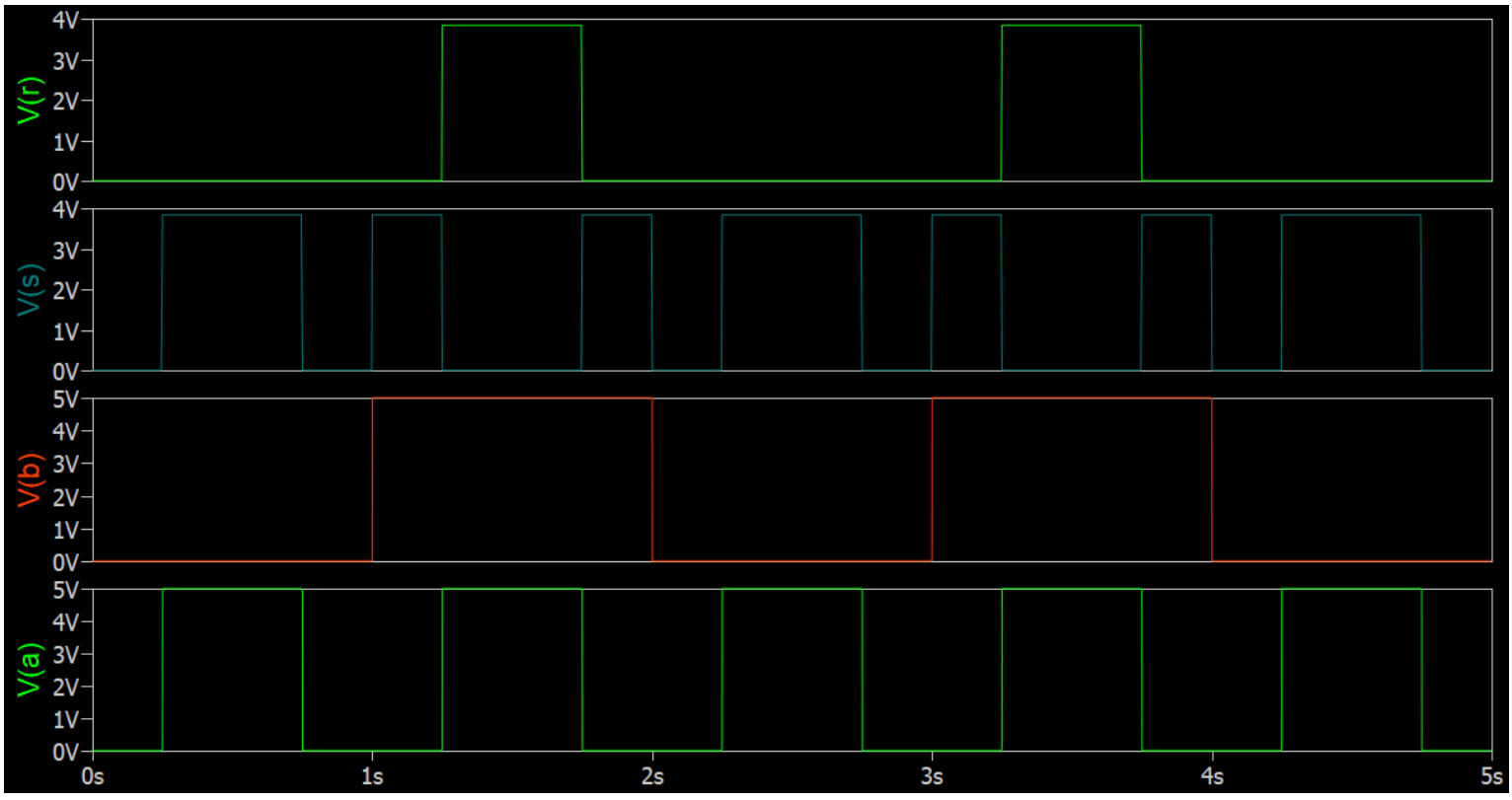
Et afin de pouvoir lancer la simulation, vous devez aussi configurer les différents éléments suivants tels que :

- les deux résistances R_1 et et R_2 à **330Ω** respectivement.
- les deux sources **V1** et **V2** tout en ajoutant une annotation; soit a ou b sur chaque fil électrique qui entrant à notre demi-additionneur.
- la directive pour le simulateur **SPICE** telle que : **.tran 0 5**

Petit rappel : pour ajouter **une annotation** sur un fil électrique, appelé **Wire** sous QSpice, vous pouvez appuyer directement sur la touche **N** au clavier ou faire appel au sous-menu en cliquant avec le bouton droit sur notre espace de travail puis en choisissant le sous-menu "Place a Net Name". La photo ci-dessous nous rappelle ce sous-menu :



Une fois que notre projet est correctement modélisé et configuré, nous pouvons lancer le simulateur à partir du bouton **Run** (disponible dans le menu principal ou dans le sous-menu du clic droit sur notre espace de travail) ou bien directement en appuyant sur la touche **F5** de notre clavier. Dès que le simulateur termine son calcul, et qu'aucun message d'erreur n'apparaît dans la fenêtre **Output**, nous pouvons ajouter une par une les différentes coubres à analyser de notre montage à citer **V(a)**, **V(b)**, **V(S)** et **V(R)**. La fenêtre ci-dessous nous résume cela :



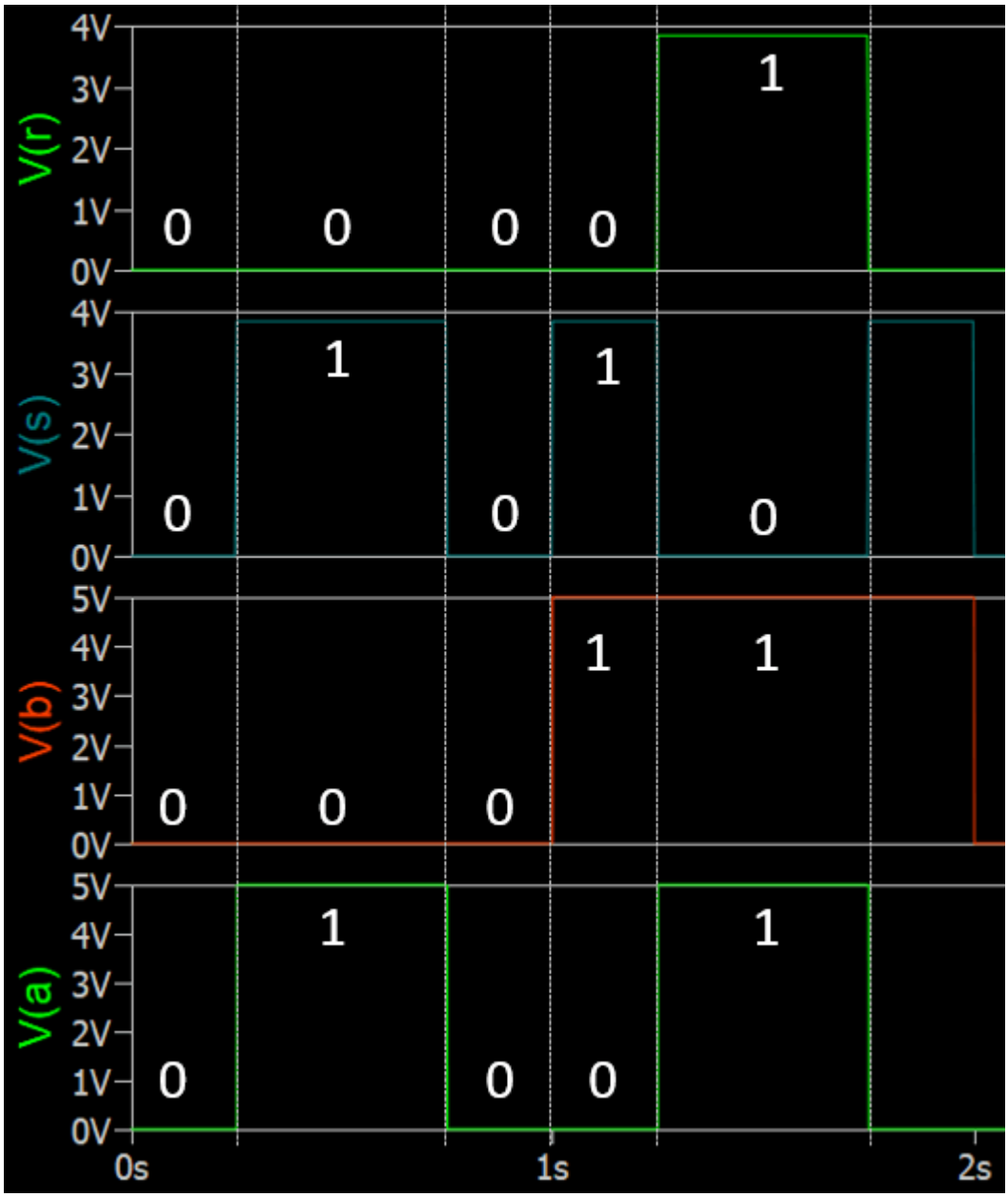
Depuis ces 4 courbes, nous pouvons maintenant remplir les différentes valeurs binaires lues à la sortie de notre composant S et R; soit respectivement la **somme** et la **retenue** résultantes de cette fonction arithmétique d'addition binaire, en fonction des deux variables a et b injectées à son entrée :

a	**b**	S	R
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Pour vous détailler comment lire les différentes valeurs à la sortie de ce montage, nous allons appliquer cette règle :

- Si **V=** 0V ⇒ la valeur logique correspond à 0,
- Et si **V** ≅ 5V ⇒ la valeur logique correspond à 1.

Pour mieux comprendre comment nous avons rempli ce tableau, nous vous proposons la figure ci-dessous qui vous détaille les différentes valeurs possibles de a et b injectées à son entrée ainsi que les valeurs respectives de la somme S et de la retenue R à la sortie de notre demi-additionneur :



Ainsi, nous confirmons que nous avons bien modélisé un **demi-additionneur** binaire sous **QSPICE** avec deux portes logiques ; soit une porte logique **ET** et une porte logique **OU Exclusive**.

Il est également à noter que ce composant, comme vous pouvez le constater, ne dispose pas d'une entrée R_{-1}. Ce qui ne lui permet pas, en cas d'une opération arithmétique de la somme de deux mots binaires, la prise en compte de la valeur de la retenue envoyée de l'étage d'addition précédent (en cas d'un montage en cascade de plusieurs **additionneurs binaires**). D'où son nom : le **demi-additionneur binaire**.

Electro-Robot ‹/› 2024-2026, la solution complète pour apprendre l'électronique, la programmation et la robotique.